

## 크롬동합금의 도전율과 경도에 미치는 용체화처리와 시효처리의 영향

김신우  
호서대학교 신소재공학과

### The Effects of Solution Heat Treatment and Aging Treatment on the Electrical Conductivity and Hardness of Cu-Cr Alloys

Shin Woo Kim  
Dept. of Materials Engineering, Hoseo University, Asan, Chungnam, Korea

**Abstract** The electrode materials for welding machine in automobile industry such as Cu-Cr, Cu-Zr and Cu-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> require the high electrical conductivity and the proper hardness. Therefore the effects of solution heat treatment and aging treatment on the electrical conductivity and hardness of Cu-0.8wt%Cr and Cu-1.2wt%Cr alloys have been investigated. Cu-0.8wt%Cr alloy showed the higher electrical conductivity and hardness than Cu-1.2wt%Cr alloy and both alloys showed the better electrical conductivity at 930°C among 930, 980 and 1030°C solution heat treatment temperatures. The electrical conductivity and hardness in both alloys were not affected by aging treatment but remarkably affected by solution heat treatment temperature. The final drawing process reduced electrical conductivity and increased hardness more in Cu-1.2wt%Cr alloy.

(Received August 23, 2001)

**Key words:** Electrode materials, Cu-Cr alloys, Solution treatment, Aging treatment, Electrical conductivity

### 1. 서 론

자동차 제조시 필요한 용접기의 전극재료로 널리 사용되는 대표적인 동합금재료로는 크롬동(Cu-Cr), 지르코늄동(Cu-Zr), 알루미늄산화물(Cu-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 등이 알려져 있다 [1-11]. 이러한 전극재료의 특성으로는 용접시 전극의 용착을 방지하기 위한 높은 전기전도도와 동시에 고온에서 견딜수 있는 강도가 요구된다. 일반적으로 동재료의 강도를 향상시키기 위하여 Cr, Zr등의 합금성분을 소량 첨가하나 이것은 동합금의 전기전도도를 감소시키는 경향이 있다. 이러한 상반되는 두가지 조건을 동시에 만족시키기 위하여는 최적의 합금조성과 열처리조건이 필수적이다. 본 연구의 대상인 크롬동합금은 대표적인 시효경화합금으로써 용체화처리와 시효처리를 행하는 열처리조건을 가지고 있다. 먼저 Fig. 1의 Cu-Cr의 2원계 상태도에서 알 수 있듯이 Cu에 대한 Cr의 최대 고용량은 1077°C의 공정온도에서 약 0.6wt%정도로서 이 합금은 시효석출경화 합금인 것을 알 수 있다. 현재 국내의 산업체에서 제조되는 크롬동합금은 1.2wt%정도의 Cr성분과 시효석출물의 미세화와 용체화시 결정립성

장을 억제하기 위하여 첨가되는 제 3원소로 Zr성분을 미량 포함하고 있다. 그러나 위의 크롬동합금은 용접시 낮은 도전율로 인한 팁의 용착현상이 발생하여 전극수명이 단축되는 경향이 있다. 그 한 원인으로는 최대 고용도 이상으로 너무 많은 Cr이 포함된 것에 기인한 것으로 판단된다. 그래서 본 연구에서는 도전율을 향상

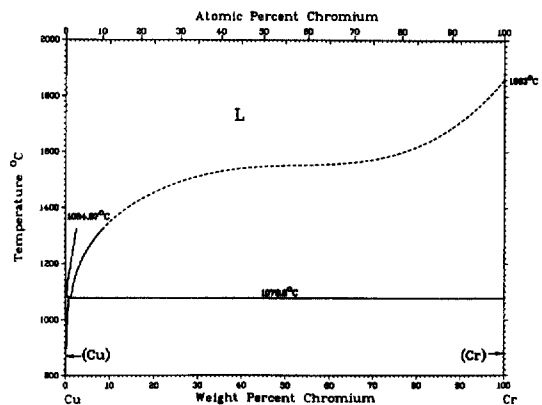


Fig. 1. Phase diagram of Cu-Cr binary system.

시키기 위하여 기존의 합금보다 Cr을 0.4wt% 감소시킨 Cu-0.8wt%Cr 합금과 기존의 Cu-1.2wt%Cr 합금을 대상으로 도전율과 경도에 미치는 열처리조건의 영향을 비교, 조사하였다.

### 2. 실험방법

본 연구에서는 Cr함량의 감소에 대한 열처리 영향을 조사하기 위하여 합금A(Cu-0.8wt%Cr)와 합금B(Cu-1.2wt%Cr)의 두가지 합금에 대하여 실험을 행하였다. 합금은 우선 유도로를 이용하여 용해된 후 주괴로 만들어 지고 열간 압출을 통하여  $\phi 26$  mm의 봉재로 제조되었다. 이렇게 제조된 봉재를 용체화처리 온도에 대한 효과를 조사하기 위하여 930, 980 및 1030°C의 온도에서 각각 30분간 용체화처리를 행한 후 수냉을 하였다. 그리고 인발공정을 통하여 봉재를  $\phi 18$  mm로 만든 후 시효처리는 450 및 480°C의 온도에서 각각 3시간 동안 유지한 후 공냉하였다. 이후 추가의 인발공정 및 가공을 거쳐서 최종적으로 전극용 크롬동합금의  $\phi 16$  mm 봉재가 완성되었다. 용체화처리후, 시효처리후, 그리고 최종 가공후의 제품에서 각각 도전율, 경도를 측정하고 미세조직을 조사하였다. 크롬동합금의 개략적 제조공정은 Table 1과 같다.

### 3. 실험결과 및 고찰

Table 1. Manufacturing process of Cu-Cr alloys

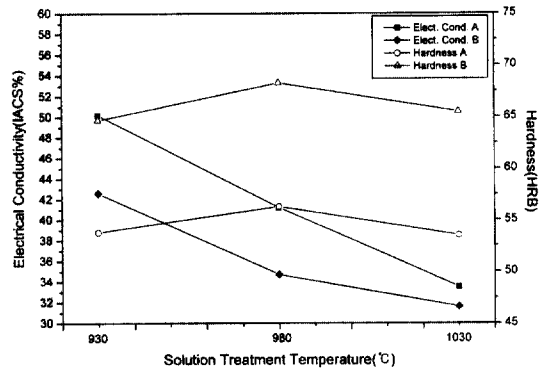
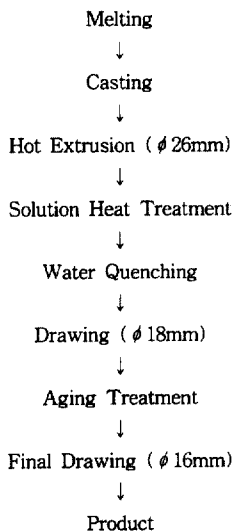


Fig. 2. The electrical conductivity and hardness of (A) Cu-0.8wt%Cr and (B) Cu-1.2wt%Cr alloys after solution treatment at 930, 980 and 1030°C for 30 mins.

용체화처리후 두합금의 도전율과 경도는 Fig. 2와 같이 측정되었다. 3가지 용체화처리온도 모두에서 Cr의 양이 적은 A합금이 B합금보다 도전율은 높았으나 반면에 경도는 낮은 값을 보였다. 이것은 Cr의 함량이 증가함에 따라 미용된 Cr의 양이 증가하고 이에 기인하여 경도가 증가하고 도전율이 감소하는 것으로 판단된다. 한편 같은 합금에서 용체화처리 온도가 높아짐에 따라 도전율이 감소하는 경향을 보이는데 이것은 높은 용체화처리 온도에서 수냉한 것이 더 많은 내부결함이 발생하기 때문으로 알려져 있다[6,12]. Fig. 3은 위의 3가지 온도에서 용체화처리된 시편을 450°C와 480°C에서 각각 3시간동안 시효처리한 합금 A와 B의 도전율과 경도의 결과이다. 두 합금 모두 시효처리 공정에 의해

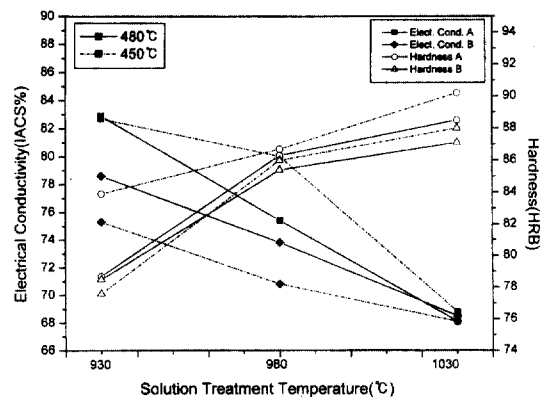


Fig. 3. The electrical conductivity and hardness of (A) Cu-0.8wt%Cr and (B) Cu-1.2wt%Cr alloys after aging treatment at 480°C or 450°C for 3 hours.

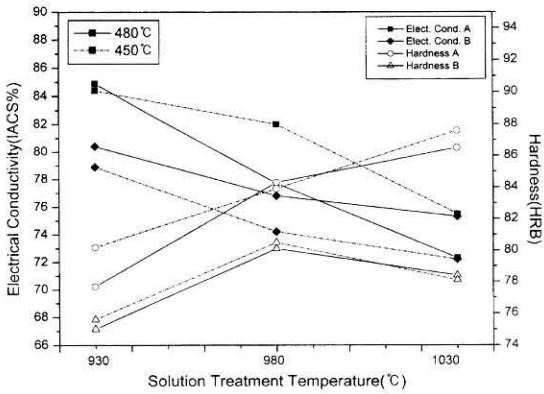
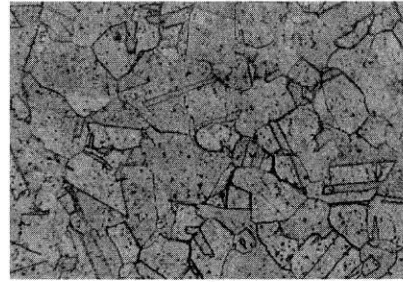
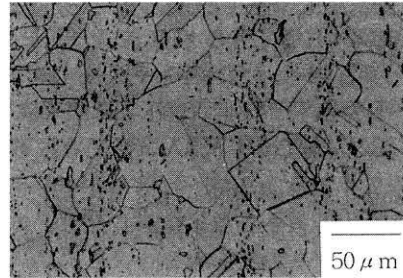


Fig. 4. The electrical conductivity and hardness of (A) Cu-0.8wt%Cr and (B) Cu-1.2wt%Cr alloys after aging at 480°C or 450°C for 3 hours and final drawing process from  $\phi$ 18 mm to  $\phi$ 16 mm.

도전율이 시효전에 비하여 70~140%정도 크게 증가하였다. 이것은 용체화처리의 급냉시 발생하는 Cr의 과포화에 의한 변형, 공공, 전위등 여러 가지 내부결합이 시효처리에서 크게 소멸되어 도전율이 증가한 것으로 생각된다. 또한 경도는 용체화처리에 의해 과포화된 Cr이 시효과정에서 안정한 미세 석출물로 분산되어 시효전에 대하여 15~60%정도 증가하였다. 특히 Cr을 감소시킨 A합금은 930°C에서 85 IACS%의 높은 도전율을 보였으며 경도도 B합금에 비하여 다소 높은 값을 나타냈다. 그리고 두 합금 모두 낮은 용체화처리 온도에서 높은 도전율과 낮은 경도값을 보였다. 한편 시효에 의한 도전율과 경도의 증가는 450°C와 480°C에서 매우 유사한 경향을 보였다. 즉, 시효온도보다 용체화처리 온도가 크롬동합금의 도전율과 경도에 영향을 크게 미치는 것으로 나타났다. Fig. 4는 450°C와 480°C에서 시효처리한 시편의 최종 인발공정을 거친 후 도전율과 경도의 변화를 각각 보여주고 있다. 인발량은  $\phi$ 18 mm에서  $\phi$ 16 mm로 가공한 것으로 시효처리 후에 비하여 도전율은 2~9%정도 감소하였으며 경도는 1~13%정도 증가하였다. 또한 Cr의 양이 많은 B합금의 경우 인발가공에 의한 도전율의 감소와 경도의 증가율이 높은 것으로 나타났다. Fig. 5과 6은 용체화처리 후와 최종 인발작업 후의 두 합금의 미세조직을 보여주고 있다. 두 합금 모두 거의 비슷한 미세조직을 가지나 Cr의 양이 적은 A합금에서 보다 균일하며 다소 적은 양의 Cr 석출물이 분산되고 있음을 알 수 있으며 이것이 A합금이 더 높은 도전율과 경도를 보이는 원인으로 판단된다.

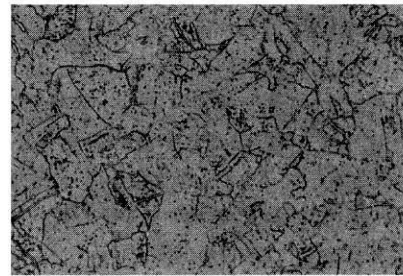


(A)

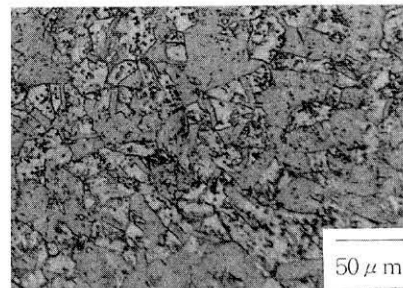


(B)

Fig. 5. The microstructures of (A) Cu-0.8wt%Cr and (B) Cu-1.2wt%Cr alloys after solution treatment for 30mins at 980°C.



(A)



(B)

Fig. 6. The microstructures of (A) Cu-0.8wt%Cr and (B) Cu-1.2wt%Cr alloys after aging treatment and final drawing process.

#### 4. 결 론

대표적인 용접기 전극재료인 Cu-0.8wt%Cr 합금과 Cu-1.2wt%Cr 합금에 대한 용체화처리와 시효처리 결과로부터 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 기존의 Cu-1.2wt%Cr 합금보다 Cr을 0.4wt% 감소시킨 Cu-0.8wt%Cr 합금의 경우에 도전율과 경도 모두 향상되었다. 즉, 크롬동합금에서 1.2wt%Cr의 양은 과다하여 도전율 감소의 주원인으로 판단된다.

2) 두 합금 모두 930, 980 및 1030°C의 용체화처리 온도중 930°C에서 도전율은 가장 높고 경도는 낮게 되었으며 이것은 낮은 용체화처리 온도에서 더 적은 내부결합들이 발생하는 것에 기인한 것으로 사료된다. 그리고 450°C와 480°C에서 시효처리한 시편은 유사한 도전율과 경도의 값을 보였다. 즉, 용체화처리 온도가 시효처리 온도보다 최종 크롬동합금의 성질에 더 중요한 영향을 미치는 변수로 판단된다.

3) 시효처리에 의하여 용체화처리시 생성된 내부결합의 감소로 도전율이 시효전에 비하여 70~140% 향상되었으며 경도는 파괴화된 Cr의 석출물로 15~60% 증가하였다.

4) 최종 인발공정을 거친 후, 시효처리 후에 비하여 도전율은 2~9%정도 감소하였으며 경도는 1~13%정도

증가하였다. 또한 Cr의 양이 많은 Cu-1.2wt%Cr 합금의 경우 인발가공에 의한 도전율의 감소와 경도의 증가율이 높은 것으로 나타났다.

#### 참고문헌

1. R. O. Williams: Trans. of ASM, 52 (1960) 530.
2. M. J. Saarivirta: Trans. of the Metall. Soc. of AIME, 218 (1960) 431.
3. H. Suzuki and M. Kanno: J. Jpn. Inst. Met., 37 (1973) 13.
4. T. Nagai, Z. Henmi, T. Sakamoto and S. Koda: J. Jpn. Inst. Met., 36 (1972) 564.
5. T. Doi: J. Jpn. Inst. Met., 21 (1957) 720.
6. S. Nishikawa, K. Nagata and S. Kobayashi: J. Jpn. Inst. Met., 30 (1966) 302.
7. W. Showak: Trans. of the Metall. Soc. of AIME, 224 (1962) 1297.
8. A. J. Perry and W. Hugi: J. Inst. Met., 100 (1972) 378.
9. J. W. Martin and G. C. Smith: J. Inst. Met., 83 (1954) 417.
10. N. Komatsu and N. J. Grant: Trans. of the Metall. Soc. of AIME, 224 (1962) 705.
11. A. V. Nadkarni and Klar: U.S. Patent No. 3779714 (1973).
12. N. I. Revina, A. I. Novikov, A. K. Nikolaev and V. M. Rozenberg: Sov. Non-Ferr. Met. Res, 1 (1973) 337.